





Classification procedure with rejection classes e.g. for classification of road sign recognition, involves defining rejection class R as an additional class to which are assigned

Publication number: DE19942223 (A1)	Also published as:
Publication date: 2001-03-15	 DE19942223 (C2)
Inventor(s): KRESEL ULRICH [DE]; LINDNER FRANK [DE]; WOEHLER CHRISTIAN [DE]	 US6690829 (B1)
Applicant(s): DAIMLER CHRYSLER AG [DE]	Cited documents:
Classification:	 DE4404775 (C1)
- international: G06K9/62; G08G1/015; G06K9/62; G08G1/015; (IPC1-7): G06K9/66; G06F15/18; G06F17/00; G08G1/04	 DE19802261 (A1)
- European: G06K9/62B2; G08G1/015	
Application number: DE19991042223 19990903	
Priority number(s): DE19991042223 19990903	

Abstract of DE 19942223 (A1)

During signals processing, in which signals S are checked for membership to objects of wanted classes Z_k i.e. road signs, (with 1 is less than = k is less than the number of classes) and those of unwanted classes Z_A are differentiated., a rejection class R is defined as an additional class, to which are assigned all signals S which cannot be unambiguously assigned to one of the classes Z_k or Z_A. The comparison of an adjustable threshold value t with the output value (P reject), supplied from a classification algorithm, serves as an assessment criterion with reference to assigning a signal S to the rejection class R.

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 42 223 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 06 K 9/66
G 06 F 15/18
G 06 F 17/00
G 08 G 1/04

②① Aktenzeichen: 199 42 223.0
②② Anmeldetag: 3. 9. 1999
④③ Offenlegungstag: 15. 3. 2001

DE 199 42 223 A 1

⑦① Anmelder:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Kreßel, Ulrich, Dr.-Ing., 89073 Ulm, DE; Lindner,
Frank, Dipl.-Ing., 89075 Ulm, DE; Wöhler, Christian,
Dipl.-Phys., 89233 Neu-Ulm, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:

DE 44 04 775 C1
DE 198 02 261 A1

NIEMANN, "Klassifikation von Mustern" Springer-
Verlag, 1983, S. 5, 191/192;
WÖHLER, C. u.a. "Dimensionality Reduction by
lokal Processing" European Symposium on
Artificial Neural Networks, Brügge, 1999;
FRANKE, U. et al. "Autonomous Driving Goes
Downtown", IEEE Intelligent Systems, Nov/Dec.
1998, S. 40-48;
D.M. Gavrilin "Multi-Feature-Hierarchical
Template Matching Using distance Transforms"
IEEE Int. Conf. on Pattern Recognition,
S. 439-444, Brisbane, 1998;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Klassifikationsverfahren mit Rückweisungsklasse

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, bei welchem Signale S auf die Zugehörigkeit zu Objekten von erwünschten Klassen Z_k überprüft und von Objekten unerwünschter Klassen Z_A unterschieden werden. Als zusätzliche Klasse wird eine Rückweisungsklasse definiert, welcher über ein Schrankenverfahren rückgewiesene Signale zugeordnet werden. Die Erfindung beschreibt auch den Aufbau und die erfindungsgemäße Verwendung eines neuartigen Radial-Basis-Funktions-Klassifikators. Durch den Einsatz von Bootstrapping Techniken und Dimensionsreduktion im Merkmalsraum ist es möglich, eine Leistungsverbesserung des Verfahrens zu erreichen.

DE 199 42 223 A 1

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, bei welchem Signale S auf die Zugehörigkeit zu Objekten von erwünschten Klassen Z_k überprüft und von Objekten unerwünschter Klassen Z_A unterschieden werden.
- 5 Um keine relevanten Objekte zu übergehen produzieren Segmentierungsalgorithmen im allgemeinen eine große Anzahl von Hypothesen deren Überprüfung einen großen Zeitaufwand bedarf. Nachteilig wirkt sich auch aus, daß ein Segmentierungsalgorithmus oft nur eine kleine Anzahl von Merkmalen der zu segmentierenden Objekte, wie Form oder Farbe, beachten kann, um in Echtzeit ein komplettes Bild oder zumindest Regionen eines Bildes, in welchem wesentlich neue Objekte auftauchen können, zu untersuchen. Im Falle einer Segmentierung von kreisrunden Verkehrszeichen in Straßenszenen wird im allgemeinen die Segmentierung mittels einer Hough-Transformation (K. R. Castleman; Digital Image Processing, Prentice Hall, New Jersey, 1996) oder einer Distanztransformation die auf einen Matching-Algorithmus basiert (D. M. Gavrilin; Multi-Feature-Hierarchical Template Matching Using distance Transforms, IEEE Int. Confon Pattern Recognition, pp. 439-444, Brisbane, 1998) durchgeführt, um alle für ein kreisrundes Verkehrszeichen typischen Formen zu finden.
- 10 Für eine Klassifikation, welche sich einer solchen Segmentierung anschließt, stellt sich als hauptsächliches Problem nun nicht die Unterscheidung der unterschiedlichen Objekte der Klassen Z_k (z. B. Verkehrszeichen) untereinander, sondern die Schwierigkeit die Objekte dieser Klassen Z_k von den Objekten der unerwünschten Klassen Z_A zu unterscheiden. Hierbei bestehen die Objekte der unerwünschten Klassen Z_A aus beliebigen Bildbereichen, welche wegen ihrer Ähnlichkeit mit Objekten der Klassen Z_k vom Segmentierungsalgorithmus ausgewählt wurden.
- 20 Dies führt zu einem Zwei-Klassen-Problem, bei welchem allerdings nur die Klassen Z_k mehr oder minder im Merkmalsraum lokalisierbar ist, während die Klassen Z_A weit über den Merkmalsraum gestreut ist. Dabei ist es im allgemeinen unmöglich eine beschränkte Anzahl von "typischen" Objekten zu finden, die den Klassen Z_A zuzuordnen sind. Wäre die Anzahl von Objekten der Klassen Z_A beschränkt, so wäre es einem Klassifikator möglich sich ausgehend von einem Set von Lernbeispielen auf die ganze Variation von denkbaren Elementen der Klassen Z_A zu generalisieren; die Annahme einer in sich abgeschlossenen Welt möglicher Objekte (Closed World Assumption), von welcher im allgemeinen die Klassifikationstheorie ausgeht wird in diesem Falle verletzt.
- 25 In der Realität gehört der größte Teil der von einem Segmentierungsalgorithmus gelieferten Objekte den Klassen Z_A an. Bei der Verkehrszeichenerkennung sind dies typischerweise mehr als 95 Prozent, was das Klassifikationsproblem noch erschwert.
- 30 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen zu finden, bei welchem mit hoher Sicherheit während einer Verarbeitung der Signale in Echtzeit eine Fehlklassifikation von Objekten der Klassen Z_A vermieden, das heißt die Wahrscheinlichkeit, daß Objekte der Klassen Z_A fälschlicherweise einer der Klassen Z_k zugeordnet werden, gering gehalten wird.
- Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, bei welchem Signale S auf die Zugehörigkeit zu 35 Objekten von erwünschten Klassen Z_k (mit $1 < k \leq \text{Anzahl unterschiedlicher Klassen}$) überprüft und von Objekten unerwünschter Klassen Z_A unterschieden werden, wobei als zusätzliche Klasse von Objekten eine Rückweisungsklasse R definiert wird, welcher alle Signale S zugewiesen werden die nicht eindeutig einer der Klassen Z_k oder Z_A zugeordnet werden können. Hierbei dient als Beurteilungskriterium bezüglich einer Zuordnung eines Signals S zu der Rückweisungsklasse R der Vergleich eines einstellbaren Schwellwertes t mit dem Ausgangswert P_{reject} , welcher von einem Klassifikationsalgorithmus geliefert wird.
- 40 Erfindungsgemäß wird der vom Klassifikationsalgorithmus gelieferte Ausgangswert P_{reject} , in einer solchen Weise erzeugt, daß durch die Veränderung des Schwellwertes t direkt das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifikationen von Signalen die einer der Klassen Z_k angehören, zu der Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifikationen von Signalen die einer der Klassen Z_A angehören beeinflusst wird.
- 45 In der praktischen Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es dann allgemein üblich den Schwellwert t so zu wählen, daß die Wahrscheinlichkeit für Fehlklassifikationen von Objekten die den unerwünschten Klassen Z_A angehören (false positives) minimal wird, auch wenn dies zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifikationen von Objekten der erwünschten Klassen Z_k führt. Dieses Ungleichgewicht bei der Auslegung des Signalverarbeitungsverfahrens ist zulässig, denn in einem realen Umfeld wird normalerweise die Erfassungseinheit einer Signalverarbeitungsanlage, in welcher das erfindungsgemäße Verfahren implementiert ist, tatsächlich vorhandene Objekte der Klasse Z_k im Laufe nacheinander folgender Zeitabschnitte immer wieder erfassen. So daß es äußerst unwahrscheinlich ist, daß dieses Objekt während des gesamten, seine Detektion ermöglichenden Zeitraums nicht entdeckt wird (U. Franke et al.; Autonomous Driving Goes Downtown, IEEE Intelligent Systems, Nov./Dec. 1998, pp. 40-48).
- 50 In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung handelt es sich bei dem Klassifikationsalgorithmus, welcher einen Wert P_{reject} liefert, der mit dem Schwellwert t verglichen wird, um einen Polynomklassifikator. Dabei wird der Klassifikationsalgorithmus so gestaltet, daß der Ausgangswert P_{reject} das Quadrat der Entfernung des Ausgabevektors des Klassifikationsalgorithmus vom nächstliegenden eine Klasse beschreibenden Vektor im Entscheidungsraum beschreibt. Dieser Wert wird in der Literatur auch als RAD-Kriterium bezeichnet. Der so erzeugte Wert P_{reject} wird nun mit dem Schwellwert t verglichen, und im Falle, daß P_{reject} größer als der Schwellwert t ist, wird das Signal der Rückweisungsklasse R zugewiesen.
- 60 Eine weitere mögliche Ausgestaltung der Erfindung ergibt sich für den Fall, daß es sich bei dem Klassifikationsalgorithmus, welcher einen Wert P_{reject} liefert, welcher mit dem Schwellwert t verglichen wird, um einen Radial-Basis-Funktions-Klassifikator handelt.
- In einer vorteilhaften Ausgestaltung basiert der Radial-Basis-Funktions-Klassifikator auf einer Menge von Rampenfunktionen $R(d_j)$. Dies Rampenfunktionen werden durch zwei Parameter a_j und b_j definiert, in der Weise, daß

$$R(d_i) = \begin{cases} 1 & \text{wenn } d_i \leq a_i \\ \frac{b_i - d_i}{b_i - a_i} & \text{wenn } a_i < d_i < b_i \\ 0 & \text{wenn } d_i \geq b_i \end{cases} \quad (1)$$

Dazu werden die Parameter a_i und b_i ausgehend von einem Clustering-Algorithmus aus den im Trainingsset enthaltenen Objekten der Klassen Z_k bestimmt.

Es zeigt sich, daß sich als Clustering-Algorithmus, welcher als Ausgangspunkt für die Bestimmung der Parameter a_i und b_i dient, ein agglomerativer Clustering-Algorithmus besonders bewährt. Es ist jedoch auch denkbar beliebige andere, zur Clusterung von Vektoren geeignete Algorithmen zu verwenden. Bei dem vorteilhafterweise eingesetzten agglomerativen Clustering-Algorithmus erfolgt die Clusterung in 4 Verarbeitungsschritten a)–d), welche wie folgt durchgeführt werden:

a) Zuerst wird eine, der Anzahl M_k von Objekten der Klassen Z_k im Trainingsset entsprechende Menge an Referenzvektoren G_i bestimmt. Diese Referenzvektoren G_i entsprechen den M_k Objekten der Klassen Z_k im Merkmalsraum und werden mit der Wichtung $w_i = 1$ gewichtet, mit $1 \leq i \leq M_k$.

b) Anschließend wird für jeden Referenzvektor G_i derjenige Referenzvektor G_j bestimmt der diesem am nächsten liegt und nachfolgend werden G_i und G_j zu einem Clusterpaar (G_i, G_j) zusammengefaßt.

c) Die so entstehenden Clusterpaare (G_n, G_m) werden durch einen neuen Vektor G_p ersetzt der nach der Gleichung $G_p = (w_n G_n + w_m G_m) / (w_n + w_m)$ bestimmt wird, und welchem das Gewicht $w_p = (w_n + w_m)$ zugeordnet wird. Abschließend treten an die Stelle der Daten der ursprünglichen Referenzvektoren G_i und deren Gewichte w_i die Daten der neu bestimmten Vektoren G_p und deren Gewichte w_p .

d) Die Verfahrensschritte b) und c) werden nun so oft wiederholt, bis die Anzahl der verbliebenen Referenzvektoren G_i kleiner als eine vorgebbare Zahl N wird, oder die minimale Distanz zwischen den einzelnen Referenzvektoren G_i größer als ein frei wählbarer Distanzwert D_{\min} wird.

Auf das vorgehen zur vorteilhaften Auswahl des Distanzwertes D_{\min} soll im späteren Teil der Beschreibung noch näher eingegangen werden.

Nach erfolgter Clusterung werden dann die Referenzvektoren G_i herangezogen um die Zwischen-Parameter e_i , f_i , μ_k und μ_{ave} zu bestimmen. Dies erfolgt in den nachfolgend beschriebenen Schritten in den Schritten e)–h):

e) Für jeden Referenzvektor G_i wird ein Parameter e_i bestimmt, welcher der Entfernung dieses Referenzvektors vom nächstliegenden Clusterzentrum der selben Klasse beschreibt.

f) Für jeden Referenzvektor G_i wird ein Parameter f_i bestimmt, welcher der Entfernung dieses Referenzvektors vom nächstliegenden Clusterzentrum einer der anderen Klassen beschreibt.

g) Für jede Klasse k wird der mittlere Abstand aller zu dieser Klasse gehörigen Cluster μ_k zueinander bestimmt.

h) Es wird ein mittlerer Abstand μ_{ave} bestimmt, welcher dem Mittelwert aller μ_k entspricht.

Aus den Zwischen-Parametern e_i , f_i , μ_k und μ_{ave} können nun mittels einer Zuweisungsvorschrift die Parameter a_i und b_i bestimmt werden:

$$a_i = \begin{cases} 0 & \text{wenn } e_i > b_i \\ e_i & \text{wenn } e_i < b_i / T \\ \frac{b_i - e_i}{T - 1} & \text{sonst} \end{cases} \quad (2a)$$

$$b_i = \begin{cases} \mu_{ave} & \text{wenn } f_i > \mu_{ave} \\ f_i & \text{sonst} \end{cases} \quad (2b)$$

Im Rahmen dieser Zuweisungsvorschrift wird der Parameter T auf einen Wert größer oder gleich 2 voreingestellt. Als Voreinstellung ist es ratsam $T = 3$ zu wählen, wodurch man einen Wert von $R(d_i) = 0.5$ für die am nächstliegenden Cluster von zwei unterschiedlichen Klassen erhält.

Aus den Rampenfunktionen $R(d_i)$ des Radial-Basis-Klassifikators wird nun der Wert P_{reject} für jedes Signal S auf nachfolgend beschriebene Weise mit den Zwischenschritten i)–k) bestimmt:

i) Für das Signal S werden die Abstände d_i zu allen Referenzvektoren G_i berechnet.

j) Der Radial-Basis-Funktions-Klassifikator errechnet für jeden dieser Abstände d_i den entsprechenden Wert $R(d_i)$.

k) Anschließend wird für jede Klasse k ein Wert P_{sk} berechnet, welcher aus der Summe aller dieser Klasse zugeordneten $R(d_i)$ besteht.

d) Die Summe aller P_{sk} liefert den Zwischenwert S_p .

Das Maß für die Wahrscheinlichkeit P_k , daß ein Signal S zu einer bestimmten Klasse k gehört wird aus den Parametern P_{sk} und S_p über eine Zuweisungsregel wie nachfolgend bestimmt:

$$P_k = \begin{cases} P_{sk} / S_p & \text{wenn } S_p > 1 \\ P_{sk} & \text{wenn } S_p \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

Im Anschluß an diese Bestimmung wird nun P_{reject} auf den Wert des größten, aller Werte P_k gesetzt wird. Ergibt der Vergleich von P_{reject} mit dem Schwellwert t , daß P_{reject} kleiner als dieser Schwellwert t ist, dann wird das Signal S der Rückweisungsklasse R zugewiesen.

Als zusätzliches Rückweisungskriterium bei der Verwendung eines Radial-Basis-Funktions-Klassifikator wird für den Fall, daß S_p kleiner oder gleich 1 ist, ein zusätzlicher Parameter P_{rueck} generiert und auf den Wert $1-S_p$ gesetzt. Für den Fall, daß P_{rueck} größer als alle für das Signal S berechneten Werte P_k ist, wird dieses Signal der Rückweisungsklasse R zugeordnet.

In vorteilhafterweise kann die Qualität der vom Klassifikator gelieferten Ergebnisse verbessert werden, wenn im Rahmen des Klassifikatortrainings Bootstrapping angewandt wird. Diese Technik zielt darauf ab, daß das Set von Trainingsdaten, welches zum Training des Klassifikators verwendet, wird neben den Objekten der Klasse Z_k nur solche Objekte der Klasse Z_A enthält, welche im Merkmalsraum nahe den Objekten der Klassen Z_k liegen.

Bei der Verwendung eines Radial-Basis-Funktions-Klassifikators erfolgt das Bootstrapping im Rahmen des Clusteringprozesses zur Ermittlung der Parameter a_i und b_i .

In einem ersten Schritt wird bei der Clustering zwischen den Klassen Z_k und Z_A zunächst nicht unterschieden. Der frei wählbare Distanzwert D_{\min} wird sehr groß gewählt (siehe auch obiger Verfahrensschritt d)), so daß als Ergebnis nur eine kleine Zahl von Referenzvektoren G_i entstehen. Es zeigt sich, daß in vorteilhafterweise D_{\min} in der Größenordnung von N^2 gewählt wird, wobei N der Dimension des Merkmalsraumes entspricht. Entsprechend den oben beschriebenen Verfahrensschritten wird der Radial-Basis-Funktions-Klassifikator aufgebaut und mit dem Set von Trainingsdaten gespeist. Zurückgewiesene Signale der Klasse Z_k und False Positives werden als fehlerklassifizierte Signale markiert. Richtig klassifizierte Signale der Klassen Z_A werden als richtig klassifiziert gewertet. Dies gilt auch für zurückgewiesenen Signale der Klassen Z_A , da eine Zurückweisung hier ebenfalls auf ein nicht relevantes Signal (entsprechend aller Signale der Klassen Z_A) hinweist. Dem Set der ursprünglichen Referenzvektoren G_i werden die Merkmalsvektoren der als fehlerklassifiziert markierten Signale S mit der Gewichtung 1 hinzugefügt. Die so entstehende Menge an Referenzvektoren dient als Trainingsset für den nächsten Schritt im Bootstrappingprozesses.

Im weiteren Verlauf Prozesses wird nun der Wert D_{\min} immer kleiner gewählt (entsprechend der obigen Beschreibung im Verfahrensschritt d)), so daß eine immer größere Anzahl von Referenzvektoren G_i entsteht. Dadurch wird erreicht, daß die Signale der Klassen Z_A , welche im Merkmalsraum nahe bei den Signalen der Klassen Z_k liegen mehrfach vom Clusteringalgorithmus in Betracht gezogen werden. Dies führt im Ergebnis dazu, daß sich im Zentrum eines Klassenclusters im Merkmalsraum nur von einer geringe Anzahl von Referenzvektoren befinden, während die Randbereiche eines Klassenclusters von einer signifikant größeren Dichte an Referenzvektoren besetzt wird. Dies führt zu einer verbesserten Abgrenzung der Bereiche der Klassen Z_k von denen der Klassen Z_A im Merkmalsraum.

Der Parameter D_{\min} ist dabei von einem Schritt im Bootstrappingprozess zum nächsten jeweils so zu verringern, daß die Klassifikationsleistung auf dem Trainingsset im aktuellen Schritt besser als im vorangegangenen ist. Im allgemeinen führt eine jeweilige Verringerung von D_{\min} um 40% zum Erfolg. Die genauen Werte müssen jedoch experimentell ermittelt werden.

Der Bootstrappingprozess wird abgebrochen, wenn keine Steigerung der Klassifikationsleistung mehr erreicht werden kann.

Um den Aufwand an Rechenleistung und Rechnerkapazität zu minimieren, bietet es sich vorteilhafterweise an, eine Dimensionsreduktion im Merkmalsraum vorzunehmen. Dies kann in beispielhafter Weise mittels der allgemein bekannten Hauptachsen-Transformation erreicht werden. Es ist aber auch möglich die Dimensionsreduktion mittels eines Local-Processing-Algorithmus (C. Wöhler, u. a.; Dimensionality Reduction by Local Processing, European Symposium on Artificial Neural Networks, Brügge, 1999) vorzunehmen. Dieser Algorithmus basiert auf einem vorwärtsgerichteten Neuronalen Netz mit räumlichen oder raum-zeitlichen rezeptiven Feldern, wie in der Schrift DE 198 02 261 aufgezeigt. Das Netzwerk wird auf eine Weise trainiert, daß das Signalmuster, welches an einem seiner Zwischenlagen als Eingangssignal für einen weiteren Klassifikator verwendet werden kann. Dies wäre beispielhaft bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Polynomklassifikator oder ein Radial-Basis-Funktions-Klassifikator.

In vorteilhafterweise kann das Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, bei welchem Signale S auf die Zugehörigkeit zu Objekten von erwünschten Klassen Z_k überprüft und von Objekten unerwünschter Klassen Z_A unterschieden werden, auch als Computerprogramm abgebildet werden. Wobei dieses Computerprogramm auf einem Speichermedium gespeichert sein kann und es möglich ist es in einen Rechner zu laden. Das Computerprogramm übernimmt die von einem Segmentierer gelieferten Signale S und führt sie einer Klassifikation zu. Diese Klassifikation bedient sich eines Klassifikators, welcher einen Ausgabewert P_{reject} liefert, der mit einem vorgebbaren Schwellwert t verglichen wird. Anhand dieses Vergleichs kann sodann entschieden werden ob ein vom Klassifikator klassifiziertes Signal einer Rückweisungsklasse zugewiesen werden soll.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verarbeitung von Signalen, bei welchem Signale S auf die Zugehörigkeit zu Objekten von erwünschten Klassen Z_k (mit $1 \leq k \leq \text{Anzahl unterschiedlicher Klassen}$) überprüft und von Objekten unerwünschter Klassen Z_A unterschieden werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß als zusätzliche Klasse von Objekten eine Rückweisungsklasse R definiert wird, welcher alle Signale S zugewie-

- sen werden die nicht eindeutig einer der Klassen Z_k oder Z_A zugeordnet werden können, daß als Beurteilungskriterium bezüglich einer Zuordnung eines Signals S zu der Rückweisungsklasse R der Vergleich eines einstellbaren Schwellwertes t mit dem Ausgangswert P_{reject} , welcher von einem Klassifikationsalgorithmus geliefert wird, dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Klassifikationsalgorithmus gelieferte Ausgangswert P_{reject} in einer solchen Weise erzeugt wird, daß durch die Veränderung des Schwellwertes t direkt das Verhältnis der Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifikationen von Signalen die einer der Klassen Z_k angehören, zu der Wahrscheinlichkeit von Fehlklassifikationen von Signalen die einer der Klassen Z_A angehören beeinflusst wird.
 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Klassifikationsalgorithmus, welcher einen Wert P_{reject} liefert, der mit dem Schwellwert t verglichen wird, um einen Polynomklassifikator handelt.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Klassifikationsalgorithmus so gestaltet ist, daß der Ausgangswert P_{reject} das Quadrat der Entfernung des Ausgabevektors des Klassifikationsalgorithmus vom nächstliegenden eine Klasse beschreibenden Vektor im Entscheidungsraum beschreibt (RAD-Kriterium).
 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß P_{reject} (RAD-Kriterium) mit dem Schwellwert t verglichen wird, und daß im Falle, daß P_{reject} größer als der Schwellwert t ist das Signal der Rückweisungsklasse R zugewiesen wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei dem Klassifikationsalgorithmus, welcher einen Wert P_{reject} liefert, der mit dem Schwellwert t verglichen wird, um einen Radial-Basis-Funktions-Klassifikator handelt.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Radial-Basis-Funktions-Klassifikator auf eine Menge von Rampenfunktionen $R(d_i)$ basiert, welche jeweils durch zwei Parameter a_i und b_i definiert sind, welche ausgehend von einem Clustering-Algorithmus aus den im Trainingsset enthaltenen Objekten der Klassen Z_k bestimmt werden.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Clustering-Algorithmus, welcher als Ausgangspunkt für die Bestimmung der Parameter a_i und b_i dient, ein agglomerativer Clustering-Algorithmus ist.
 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Clustering-Algorithmus die Clusterung in 4 Verarbeitungsschritten a)–d) wie folgt durchführt:
 - a) Zuerst wird eine, der Anzahl M_k von Objekten der Klassen Z_k im Trainingsset entsprechende Menge an Referenzvektoren G_i bestimmt. Diese Referenzvektoren G_i entsprechen den M_k Objekten der Klassen Z_k im Merkmalsraum und werden mit der Wichtung $w_i = 1$ gewichtet, mit $1 \leq i \leq M_k$,
 - b) Anschließend wird für jeden Referenzvektor G_i derjenige Referenzvektor G_j bestimmt der diesem am nächsten liegt und nachfolgend werden G_i und G_j zu einem Clusterpaar (G_i, G_j) zusammengefaßt.
 - c) Die so entstehenden Clusterpaare (G_n, G_m) werden durch einen neuen Vektor G_p ersetzt der nach der Gleichung $G_p = (w_n G_n + w_m G_m) / (w_n + w_m)$ bestimmt wird, und welchem das Gewicht $w_p = (w_n + w_m)$ zugeordnet wird. Abschließend treten an die Stelle der Daten der ursprünglichen Referenzvektoren G_i und deren Gewichte w_i die Daten der neu bestimmten Vektoren G_p und deren Gewichte w_p .
 - d) Die Verfahrensschritte b) und c) werden nun so oft wiederholt, bis die Anzahl der verbliebenen Referenzvektoren G_i kleiner als eine vorgebbare Zahl N wird, oder die minimale Distanz zwischen den einzelnen Referenzvektoren G_i größer als ein frei wählbarer Distanzwert D_{\min} wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Parameter a_i und b_i die vom Clustering-Algorithmus gelieferten Referenzvektoren G_i herangezogen werden und in den Schritten a)–d) die Zwischen-Parameter e_i , f_i , μ_k und μ_{ave} bestimmt werden:
 - a) Für jeden Referenzvektor G_i wird ein Parameter e_i bestimmt, welcher der Entfernung dieses Referenzvektors vom nächstliegenden Clusterzentrum der selben Klasse beschreibt.
 - b) Für jeden Referenzvektor G_i wird ein Parameter f_i bestimmt, welcher der Entfernung dieses Referenzvektors vom nächstliegenden Clusterzentrum einer der anderen Klassen beschreibt.
 - c) Für jede Klasse k wird der mittlere Abstand aller zu dieser Klasse gehörigen Cluster μ_k zueinander bestimmt.
 - d) Es wird ein mittlerer Abstand μ_{ave} bestimmt, welcher dem Mittelwert aller μ_k entspricht.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß Parameter a_i und b_i aus den Zwischen-Parametern e_i , f_i , μ_k und μ_{ave} mittels einer Zuweisungsvorschrift bestimmt werden.
 12. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert P_{reject} für jedes Signal S auf nachfolgend beschriebene Weise mit den Zwischenschritten a)–d) aus den Rampenfunktionen $R(d_i)$ bestimmt wird:
 - a) Für das Signal S werden die Abstände d_i zu allen Referenzvektoren G_i berechnet.
 - b) Der Radial-Basis-Funktions-Klassifikator errechnet für jeden dieser Abstände d_i den entsprechenden Wert $R(d_i)$.
 - c) Anschließend wird für jede Klasse k ein Wert P_{sk} berechnet, welcher aus der Summe aller dieser Klasse zugeordneten $R(d_i)$ besteht.
 - d) Die Summe aller P_{sk} liefert den Zwischenwert S_p .
 13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Maß für die Wahrscheinlichkeit P_k , daß ein Signal S zu einer bestimmten Klasse k gehört aus den Parametern P_{sk} und S_p über eine Zuweisungsregel berechnet wird.
 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß P_{reject} auf den Wert des größten, aller für dieses Signal S berechneten Werte P_k gesetzt wird.
 15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß P_{reject} mit dem Schwellwert t verglichen wird, und daß im Falle, daß P_{reject} kleiner als der Schwellwert t ist das Signal der Rückweisungsklasse R zugewiesen wird.
 16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle, daß S_p kleiner oder gleich 1 ist, ein zusätz-

licher Parameter P_{rueck} erzeugt wird, welcher auf den Wert $1-S_p$ gesetzt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß für den Fall, daß P_{rueck} größer als alle für das Signal S berechneten Werte P_k ist, dieses Signal der Rückweisungsklasse R zugeordnet wird.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Rahmen des Klassifikatortrainings Bootstrapping angewandt wird, so daß für die Bestimmung der Parameter des Klassifikationsalgorithmus neben den Objekten der Klasse Z_k nur solche Objekte der Klasse Z_A verwendet werden, welche im Merkmalsraum nahe den Objekten der Klassen Z_k liegen.

19. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Verwendung eines Radial-Basis-Funktions-Klassifikators das Bootstrapping im Rahmen des Clusteringprozesses zur Ermittlung der Parameter a_i und b_i erfolgt.

20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Dimensionsreduktion im Merkmalsraum vorgenommen wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dimensionsreduktion mittels einer Hauptachsen-Transformation vorgenommen wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dimensionsreduktion mittels eines Local-Processing-Algorithmus vorgenommen wird.